

**TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH PERKERASAN LENTUR  
DENGAN METODE LENDUTAN BALIK  
MENGUNAKAN ALAT *BENKELMAN BEAM***

**Studi Kasus : Ruas Jalan Yogyakarta–Barongan (Imogiri)  
Sta. 7+000 – Sta. 9+000 Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta**

Disusun guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun Oleh:**

**PETRUS SUDIBYO**

**20120110096**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2019**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Petrus Sudibyo

NIM : 20120110096

Judul : Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Metode Lendutan Balik Menggunakan Alat *Benkelman Beam*  
Studi Kasus : Ruas Jalan Yogyakarta–Barongan (Imogiri)  
Sta. 7+000 – Sta. 9+000 Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 9 April 2019

Yang membuat pernyataan



Petrus Sudibyo

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Yang Utama Dari Segalanya

Sujud syukurku kusembahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyang, atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku.

Baginda Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi Wa Salam yang selalu menjadi panutan bagi umat-umatnya.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi

Ayahanda dan Ibunda Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya sederhana ini kepada Ayahku Suyadi dan Ibuku Anastasia yang senantiasa memberikan kasih sayang, mendukung dan mendoakan. Sebagai seorang motivator ulung pembangkit semangat untuk tetap melakukan terbaik.

Kedua Saudara Tercinta

Untuk kedua saudaraku, Angga dan Kevin, yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Maaf belum mampu menjadi panutan yang baik bagi kalian, semoga kelak kalian bisa lebih baik dari apa yang abang dapatkan hari ini.

## PRAKATA



*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur senantiasa kami panjatkan kehadirat Allah SWT., yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Sholawat serta salam senantiasa penyusun curahkan kepada Nabi Muhammad SAW., keluarga dan sahabat-sahabat-Nya yang telah membawa manusia dari alam kebodohan menuju alam yang penuh ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Penyusunan laporan tugas akhir ini dimaksudkan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam menyusun dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini, penyusun dihadapkan pada berbagai kendala dan rintangan, namun berkat kerjasama, bantuan, bimbingan, pengarahan, petunjuk dan saran-saran yang diperoleh dari berbagai pihak, semua itu dapat terlewati dan terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan yang indah ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu mulai dari proses penelitian sampai dengan terselesaikannya laporan tugas akhir ini.

Adapun ungkapan rasa terima kasih, penyusun sampaikan antara lain kepada:

1. Bapak Jaza'ul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Ibu Wilis Diana, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Ibu Anita Rahmawati, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan serta koreksi yang sangat berharga dalam kemajuan tugas akhir ini.

5. Bapak Emil Adly, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan serta koreksi yang sangat berharga dalam kemajuan tugas akhir ini.
6. Bapak Dian Setiawan, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, saran dan koreksi yang sangat berharga dalam kemajuan tugas akhir ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan kepada penyusun, semoga dapat bermanfaat.
8. Seluruh staff dan karyawan Tata Usaha Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Terima kasih atas semua bantuannya dalam memperlancar tugas akhir ini.
9. Sahabat dan rekan seperjuangan Angkatan 2012, selamat berjuang dan sukses selalu, kalian luar biasa.
10. Kepada semua pihak yang terlibat dalam proses penelitian sampai dengan penyusunan laporan tugas akhir yang tidak dapat penyusun ungkapkan satu persatu, terima kasih atas bantuan, dukungan dan doanya.

Semoga segala bentuk kerjasama, bantuan dan motivasi yang diberikan menjadi amal baik sehingga mendapat balasan dari Allah SWT. Amin, Ya Rabb.

Dengan segenap kerendahan hati dan keterbatasan kemampuan, penyusun menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, dengan berlapang dada dan sikap terbuka penyusun akan menerima dengan senang hati segala kritik dan saran yang bersifat membangun guna menyempurnakan laporan ini.

Harapan penyusun semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk pengembangan studi dalam bidang teknik sipil dan utamanya untuk kelanjutan studi penyusun.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 9 April 2019

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xii
DAFTAR ISTILAH.....	xiv
ABSTRAK.....	xviii
<i>ABSTRACT</i> .....	xix
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II      TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>	
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1. Tinjauan Umum.....	5
2.1.2. Penelitian Terdahulu.....	6
2.2. Landasan Teori.....	11
2.2.1. Pengertian Jalan.....	11
2.2.2. Klasifikasi Jalan.....	11
2.2.3. Umur Rencana.....	14
2.2.4. Perkerasan Jalan.....	14
2.2.5. Tebal Lapis Tambah.....	19
2.2.6. Jenis Lapis Tambah.....	20

	2.2.7. <i>Benkelman Beam</i> .....	27
	2.2.8. Pedoman Pd T-05-2005-B .....	28
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b>	
3.1.	Tahapan Penelitian .....	45
3.2.	Lokasi Penelitian .....	46
3.3.	Waktu Penelitian .....	47
3.4.	Pengumpulan Data .....	47
3.5.	Analisis Data .....	48
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1.	Data Geometrik Ruas Jalan .....	51
4.2.	Data Lalu Lintas .....	52
4.3.	Data Lendutan .....	52
4.4.	Analisis Lalu Lintas .....	53
4.5.	Analisis Lendutan .....	58
4.6.	Analisis Tebal Lapis Tambah .....	68
4.7.	Pembahasan .....	71
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1.	Kesimpulan .....	76
5.2.	Saran .....	77
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>xx</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Klasifikasi Menurut Kelas Jalan .....	12
Tabel 2.2.	Klasifikasi Menurut Medan Jalan .....	14
Tabel 2.3.	Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku .....	16
Tabel 2.4.	Spesifikasi Aspal Keras Penetrasi 60/70 .....	20
Tabel 2.5.	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston .....	22
Tabel 2.6.	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston .....	23
Tabel 2.7.	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Modifikasi .....	25
Tabel 2.8.	Jenis Material <i>Thermoplastic</i> dan <i>Thermosetting</i> .....	27
Tabel 2.9.	Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan .....	30
Tabel 2.10.	Koefisien Distribusi Kendaraan (C) .....	30
Tabel 2.11.	Angka Ekuivalen Golongan Beban Sumbu Kendaraan (E) .....	31
Tabel 2.12.	Faktor Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas (N) .....	33
Tabel 2.13.	Faktor Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur Standar (Ft) .....	36
Tabel 2.14.	Temperatur Tengah ( $T_t$ ) dan Temperatur Bawah ( $T_b$ ) Lapis Beraspal Berdasarkan Data Temperatur Udara ( $T_u$ ) dan Temperatur Permukaan ( $T_p$ ) .....	37
Tabel 2.15.	Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah Penyesuaian ( $FK_{TBL}$ ) .....	44
Tabel 4.1.	Data Geometrik Ruas Jalan .....	51
Tabel 4.2.	Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) .....	52
Tabel 4.3.	Data Hasil Pengujian Lendutan .....	53
Tabel 4.4.	Angka Ekuivalen Sumbu Kendaraan (E) .....	54
Tabel 4.5.	Prediksi Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) .....	55
Tabel 4.6.	Akumulasi Ekuivalen Beban Sumbu Standar (CESA) .....	57
Tabel 4.7.	Analisis Lendutan Balik ( $d_B$ ) .....	62
Tabel 4.8.	Rekapitulasi Hasil Analisis Lendutan .....	67
Tabel 4.9.	Rekapitulasi Hasil Analisis Tebal Lapis Tambah .....	71
Tabel 4.10.	Hasil <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) Segmen I .....	72
Tabel 4.11.	Hasil <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) Segmen II .....	73
Tabel 4.12.	Hasil <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) Segmen III .....	73
Tabel 4.13.	Rekapitulasi <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) dan Tebal Lapis Tambah (Ht) Untuk Masing-Masing Segmen .....	74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur Lapisan Perkerasan Lentur .....	15
Gambar 2.2.	Struktur Lapisan Perkerasan Kaku .....	15
Gambar 2.3.	Struktur Lapisan Perkerasan Komposit .....	16
Gambar 2.4.	Skema Penyebaran Beban Lalu Lintas Menuju Lapisan Tanah Dasar ( <i>Subgrade</i> ) .....	17
Gambar 2.5.	<i>Benkelman Beam</i> .....	28
Gambar 2.6.	Faktor Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur Standar (Ft) .....	36
Gambar 2.7.	Hubungan Antara Lendutan Rencana dan Lalu-Lintas .....	40
Gambar 2.8.	Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah ( $F_o$ ) .....	41
Gambar 2.9.	Tebal Lapis Tambah ( $H_o$ ) .....	42
Gambar 2.10.	Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah Penyesuaian ( $FK_{TBL}$ ) .....	44
Gambar 3.1.	Bagan Alir Tahapan Penelitian .....	45
Gambar 3.2.	Lokasi Penelitian .....	46
Gambar 3.3.	Kondisi Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri) .....	46
Gambar 3.4.	Bagan Alir Tahapan Analisis Data .....	49
Gambar 4.1.	Analisis Lendutan Balik ( $d_B$ ) Segmen I .....	63
Gambar 4.2.	Analisis Lendutan Balik ( $d_B$ ) Segmen II .....	64
Gambar 4.3.	Analisis Lendutan Balik ( $d_B$ ) Segmen III .....	65
Gambar 4.4.	Rekapitulasi Hasil Analisis Lendutan .....	67
Gambar 4.5.	Rekapitulasi <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) dan Tebal Lapis Tambah ( $H_t$ ) Untuk Masing-Masing Segmen .....	75

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Data Hasil Survei Lalu Lintas .....	78
Lampiran B	Analisis Dan Perhitungan Pertumbuhan Lalu Lintas .....	85
Lampiran C	Temperatur Perkerasan Rata-Rata Tahunan (TPRT) .....	93
Lampiran D	Peta Status Ruas Jalan Provinsi DIY .....	98
Lampiran E	Dokumentasi Pengambilan Data Lapangan .....	99

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

$^{\circ}\text{C}$	: Skala suhu Celcius
%	: Presentase atau rasio untuk menyatakan pecahan dari seratus
BB	: <i>Benkelman Beam</i>
C	: Koefisien distribusi kendaraan
Ca	: Faktor pengaruh muka air tanah
CESA	: Akumulasi ekivalen beban sumbu standar
cm	: Centimeter
$D_{\text{rencana}}$	: Lendutan rencana
$D_{\text{sbl ov}}$	: Lendutan sebelum overlay
$D_{\text{stl ov}}$	: Lendutan setelah overlay
$D_{\text{wakil}}$	: Lendutan wakil
d	: Lendutan
$d_1$	: Lendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran
$d_2$	: Lendutan pada saat beban berada pada jarak 40 cm
$d_3$	: Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 m
$d_B$	: Lendutan terkoreksi
$d_R$	: Lendutan rata-rata
E	: Ekivalen beban sumbu kendaraan
Es	: Ekivalen standar
EXP	: Fungsi eksponensial
FK	: Faktor keseragaman
$FK_{\text{ijin}}$	: Faktor keseragaman yang diijinkan
Fo	: Faktor koreksi tebal lapis tambah
Ft	: Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar
$FK_{B-BB}$	: Faktor koreksi beban uji <i>Benkelman Beam</i>
$FK_{TBL}$	: Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian
Ho	: Tebal lapis tambah sebelum dikoreksi
$H_L$	: Tebal lapis beraspal
Ht	: Tebal lapis tambah setelah dikoreksi
L	: Lebar perkerasan

LHR	: Lalu lintas harian rata-rata
$L_n$	: Logaritma natural
kg	: Kilogram
kg/mm	: Kilogram per milimeter
km	: Kilometer
m	: Meter
$M_R$	: Modulus resilien
mm	: Milimeter
N	: Faktor hubungan umur rencana dengan perkembangan lalu lintas
n	: Umur rencana
$n_s$	: Jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi/segmen jalan
PCI	: <i>Pavement Conditin Index</i>
q	: Volume lalu lintas
r	: Angka pertumbuhan lalu lintas
s	: Deviasi standar
SN	: <i>Structural Number</i>
SDRG	: Sumbu dual roda ganda
STRG	: Sumbu tunggal roda ganda
STRT	: Sumbu tunggal roda tunggal
STrRG	: Sumbu triple roda ganda
Sta	: <i>Station</i>
T	: Ton
TPRT	: Temperatur perkerasan rata-rata tahunan
$T_b$	: Temperatur bawah lapis beraspal
$T_L$	: Temperatur Lapis beraspal
$T_p$	: Temperatur permukaan perkerasan beraspal
$T_t$	: Temperatur tengah lapisan beraspal
$T_u$	: Temperatur udara

## DAFTAR ISTILAH

### ***Benkelman Beam (BB)***

Merupakan alat untuk mengukur lendutan balik dan lendutan langsung perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan.

### ***California Bearing Ratio (CBR)***

Alat yang digunakan untuk mengetahui dan menentukan kekuatan tanah.

### ***Cekung lendutan (Bowl Deflection)***

Merupakan kurva yang menggambarkan bentuk lendutan dari suatu segmen perkerasan jalan akibat beban yang disalurkan oleh ban kendaraan.

### ***Cummulative Eqivalent Standart Axle (CESA)***

Akumulasi ekivalen beban sumbu standar selama umur rencana.

### ***Daya Dukung Tanah (DDT)***

Merupakan nilai yang menggambarkan kekuatan tanah dalam mendukung dan menopang bangunan yang berada di atasnya.

### ***Ekivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)***

Angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar.

### ***Falling Weight Deflectometer (FWD)***

Merupakan alat alat untuk mengukur lendutan langsung perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan

**Laston (*Asphalt Concrete*)**

Campuran beraspal dengan gradasi agregat gabungan yang rapat/menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras tanpa dimodifikasi (*Straight Bitumen*).

**Laston Modifikasi**

Merupakan campuran beraspal dengan gradasi agregat kasar yang rapat atau menerus dan menggunakan bahan pengikat aspal keras yang telah dimodifikasi dengan campuran tertentu guna memberikan kekuatan lebih untuk mengakomodasi tingkat pembebanan lalu lintas yang tinggi, seperti dengan campuran *crump rubber* (CR) maupun *plastics polymer* (PMA).

**Lataston (*Hot Rolled Sheet*)**

Lataston merupakan campuran beraspal dengan gradasi agregat yang senjang atau semi senjang dan menggunakan bahan pengikat aspal keras tanpa dimodifikasi (*straight bitumen*).

**Lendutan balik maksimum (*Maximum Rebound Deflection*)**

Merupakan besarnya lendutan balik perkerasan pada kedudukan di titik kontak batang *Benkelman Beam* setelah beban berpindah sejauh 6 meter.

**Lendutan balik titik belok**

Merupakan besarnya lendutan balik perkerasan pada kedudukan di titik kontak batang *Benkelman Beam* setelah beban berpindah sejauh 0,30 meter untuk penetrasi asbuton dan laburan atau sejauh 0,40 meter untuk aspal beton.

**Lendutan Rencana/ijin**

Besar lendutan rencana atau yang diijinkan sesuai dengan akumulasi ekivalen beban sumbu standar selama umur rencana.

### **Lendutan Wakil**

Merupakan nilai lendutan yang mewakili suatu sub-ruas atau seksi jalan setelah disesuaikan dengan fungsi atau kelas jalan.

### ***Pavement Condition Index (PCI)***

Salah satu metode penilaian kondisi perkerasan jalan secara visual berdasarkan jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan penanganan pemeliharaan yang tepat.

### **Perkerasan Jalan**

Konstruksi jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang terletak diatas tanah dasar.

### **Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)**

Merupakan suatu jenis konstruksi yang dibangun diatas tanah dasar dengan menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikatnya.

### **Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)**

Merupakan kombinasi antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku, berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

### **Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)**

Merupakan suatu jenis konstruksi yang dibangun diatas permukaan tanah dasar dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya.

### **Pusat Beban (*Load Center*)**

Letak beban pada permukaan perkerasan yang berada tepat dibawah garis sumbu gandar belakang dan di tengah-tengah ban ganda sebuah truk.

**Segmen/Seksi Jalan**

Merupakan bagian dari ruas jalan yang memiliki tingkat keseragaman nilai lendutan balik yang sama atau serupa.

***Structural Number (SN)***

Indeks yang diturunkan dari analisis lalu-lintas, kondisi tanah dasar, dan lingkungan yang dapat dikonversi menjadi tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang sesuai untuk tiap-tiap jenis material masing-masing lapis struktur perkerasan.

**Tebal Lapis Tambah (*Overlay*)**

Lapis perkerasan tambahan yang dipasang diatas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang.

**Umur Rencana**

Merupakan jumlah waktu dan tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu diberi lapis permukaan yang baru.